

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-089287

(43)Date of publication of application : 07.04.1998

(51)Int.Cl.

F04D 27/02  
H02P 7/00  
// H02K 7/14

(21)Application number : 08-244444

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.09.1996

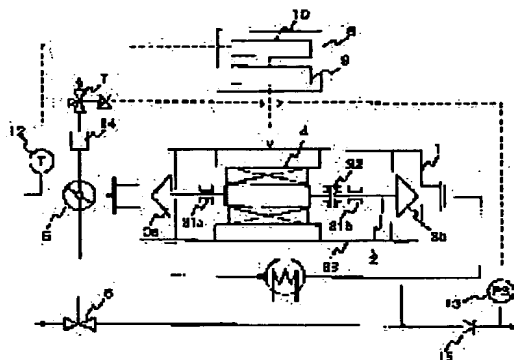
(72)Inventor : MIURA HARUO  
NISHIDA HIDEO  
OKITA JUNJI

## (54) TURBOCOMPRESSOR AND METHOD FOR CONTROLLING ITS DISPLACEMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To avoid surging proper to a turbocompressor without causing almost no shaft power change even if the suction temperature is changed, by controlling the revolution of a high-speed motor by using the suction temperature detected by a suction temperature detecting means and a reference value of the suction temperature to be stored in a storing means.

**SOLUTION:** Discharge pressure of a turbocompressor 1 is decreased as the suction flow rate is increased, while, shaft power is increased as the suction flow rate is increased. In the conditions of winter in which the suction temperature is lowered, the shaft power is increased in comparison with the shaft power in summer even if the revolutions of a rotary shaft is constant, and the shaft power is overloaded if the compressor is operated continuously. The low pressure stage suction temperature is taken in a revolution controller 10, the calculated result is fed as the revolution command value to an inverter 9, power voltage and current having frequency characteristics satisfying the command value are allowed to flow, and a motor 4 is operated on the basis of a revolution command value. Therefore, the acting point of the compressor 1 is equal to that under the conditions of summer, and overload can be avoided.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.12.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-89287

(43)公開日 平成10年(1998) 4月7日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

F 0 4 D 27/02

F 0 4 D 27/02

D

H 0 2 P 7/00

H 0 2 P 7/00

B

// H 0 2 K 7/14

H 0 2 K 7/14

A

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平8-244444

(22)出願日 平成8年(1996) 9月17日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 三浦 治雄

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日立製作所土浦工場内

(72)発明者 西田 秀夫

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日立製作所土浦工場内

(72)発明者 沖田 純二

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日立製作所土浦工場内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

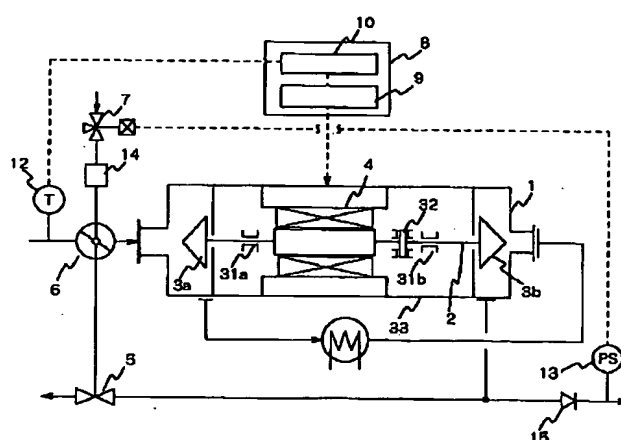
(54)【発明の名称】 ターボ圧縮機およびその容量制御方法

(57)【要約】

【課題】吸込温度が変化するターボ圧縮機で、定風圧制御を行う場合に、軸動力の変化をなくし、かつ、サージを回避できる容量制御と圧縮空気余剰時の軸動力を低減する。

【解決手段】ターボ圧縮機モータ4をインバータ9で駆動し、インバータへの回転数指示を、低压段吸込温度12と基準温度の比の約1/3乗に比例して変化させ、かつ、吐出ライン圧力が、規定値を超えたなら、放風弁5と吸込弁6を連動して開、閉操作する。

図 1



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】回転軸の両端を外方に突出させた高速モータと、前記回転軸の両端部に取り付けられた一対の羽根車とを備えインバータにより駆動されるターボ圧縮機において、

前記回転軸の回転数を検出する回転数検出手段と、前記一対の羽根車の中で低圧段側の羽根車に流入するガスの温度を検出する吸込温度検出手段と、この吸込温度検出手段の基準値を記憶する記憶手段とを設けると共に、前記吸込温度検出手段が検出した吸込温度と前記憶手段に記憶された吸込温度の基準値とを用いて前記高速モータの回転数を制御する制御手段を設けたことを特徴とするターボ圧縮機。

【請求項 2】前記制御手段は、前記吸込温度検出手段が検出した吸込温度と前記記憶手段に記憶された吸込温度の基準値との比の略  $1/3$  乗に比例して前記高速モータの回転数を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のターボ圧縮機。

【請求項 3】前記一対の羽根車の中の高圧段側の羽根車から吐出されるガスの圧力を検出する圧力検出手段と、前記高圧段羽根車から吐出されるガスを大気へ放出する放風弁と、前記低圧段側の羽根車へ流入するガスの流量を調節する吸込絞り弁とを設け、前記圧力検出手段が検出した圧力が所定値を越えたときに前記放風弁及び吸込絞り弁を制御することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のターボ圧縮機。

【請求項 4】インバータ駆動電動機により回転数制御されるターボ圧縮機の容量制御方法において、この圧縮機に流入するガスの吸込温度とその基準値との比の略  $1/3$  乗に比例して前記インバータにより電動機の回転数を制御することを特徴とするターボ圧縮機の容量制御方法。

【請求項 5】前記圧縮機の吐出圧力が所定値を越えたら、放風弁を開くと共に吸込絞り弁を絞ることを特徴とする請求項 4 に記載のターボ圧縮機の容量制御方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明はターボ圧縮機に係り、特に容量を制御するターボ圧縮機及びその容量制御方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】ターボ圧縮機では、吸込風量が所定量以下に減少するとサージングという不安定現象を生じるため、ターボ圧縮機の運転においてはサージングを回避することが重要である。ところで、化学プラントなどで使用されるターボ圧縮機では一定吐出圧力を要求されるが、吸込気体の諸条件が変化すると、回転数が一定であっても吐出圧力の特性が変化し、特に吸込圧力や吸込温度の変化が大きい場合には、所定圧力を達成しない恐れがあった。そこで、従来特開昭 56-121898 号公

報に記載のように吸込気体条件の変動をいち早く検知して、それに基づいて所望の吐出圧力に対する圧縮機の回転数を演算により求め、圧縮機特性を一定化することが試みられている。

【0003】また、電動機駆動の遠心圧縮機において、ガス入口部の絞り弁により、部分負荷時に容量制御した結果生じる軸動力の増大を防止するために、高速電動機を用いて回転数制御し、吸込条件、要求吐出圧力の変化量に応じて部分負荷運転することが特開昭 63-55397 号公報に開示されている。

【0004】さらに、多段の遠心圧縮機を運転する際に、季節や状況によって変化する吸込温度に対応して最小回転数の制限を変更可能にし、サージングを回避して広い回転数領域で圧縮機の運転を可能にする試みが特開平 1-200095 号公報に記載されている。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】上記従来の技術である特開昭 56-121898 号公報に記載のものにおいては、最高効率での運転を目的としており、軸動力の低減についての考慮は不十分である。また、特開昭 63-55397 号公報に記載のものにおいては、2 機の圧縮機を回転数制御する必要があると、演算器が複雑になると共に演算方法も複雑となる。さらに、特開平 1-200095 号公報に記載のものは、サージングを回避するためにインレットガイドベーンを操作しているが、この特開平 1-200095 号公報に記載の発明も特開昭 56-121898 号公報に記載の発明と同様、軸動力の低減については十分な配慮が為されていなかった。

【0006】本発明の目的は、上記従来技術の不具合を解消し、定風圧制御（吐出ライン圧力一定制御）のターボ形空気圧縮機において、吸込温度が変化しても軸動力が殆ど変化せず、さらにターボ圧縮機特有のサージングを回避したターボ圧縮機及びその容量制御方法を実現することにある。

**【0007】**

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の第 1 の態様は、回転軸の両端を外方に突出させた高速モータと、回転軸の両端部に取り付けられた一対の羽根車とを備えインバータにより駆動されるターボ圧縮機において、回転軸の回転数を検出する回転数検出手段と、一対の羽根車の中で低圧段側の羽根車に流入するガスの温度を検出する吸込温度検出手段と、この吸込温度検出手段の基準値を記憶する記憶手段とを設けると共に、吸込温度検出手段が検出した吸込温度と記憶手段に記憶された吸込温度の基準値とを用いて高速モータの回転数を制御する制御手段を設けたものである。そして好ましくは、制御手段は、吸込温度検出手段が検出した吸込温度と記憶手段に記憶された吸込温度の基準値との比の略  $1/3$  乗に比例して高速モータの回転数を制御するものであるか、一対の羽根車の中の高圧段側の羽根車

から吐出されるガスの圧力を検出する圧力検出手段と、高圧段羽根車から吐出されるガスを大気に放出する放風弁と、低圧段側の羽根車へ流入するガスの流量を調節する吸込絞り弁とを設け、圧力検出手段が検出した圧力が所定値を越えたときに放風弁及び吸込絞り弁を制御するようにしたものである。

【0008】上記目的を達成するための本発明の第2の態様は、インバータ駆動電動機により回転数制御されるターボ圧縮機の容量制御方法において、この圧縮機に流入するガスの吸込温度とその基準値との比の略1/3乗に比例してインバータにより電動機の回転数を制御するものである。そして好ましくは、圧縮機の吐出圧力が所定値を越えたら、放風弁を開くと共に吸込絞り弁を絞るようにしたものである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図面を用いて説明する。図1は、本発明にかかる2段の遠心圧縮機を模式的に示したものであり、モータ4の回転軸2をモータ本体部から外方へ突出させ、この突出した軸端部に低圧段羽根車3aおよび高圧段羽根車3bをオーバーハングさせて取り付けしている。回転軸2はスラスト軸受32およびラジアル軸受31a、31bにより回転自在に支持されている。そして、羽根車3a、3b及びモータ4がケーシング33により覆われて遠心圧縮機1が形成されている。モータ4はインバータ9により回転数可変に運転される。低圧段羽根車3aの上流側の吸込ラインには絞り弁6が、高圧段羽根車3bの下流側の吐出ラインにはアンロード時等に圧縮機1で圧縮されたガスを大気に放風する放風弁5がそれぞれ設けられている。

【0010】吐出ラインの放風弁5とは反対側にはチェックバルブ15が設けられている。吸込絞り弁6と放風弁5とは同一のアクチュエータ14によって連動して操作される。吐出ラインに設けた圧力スイッチ13が発生

$$N_{(vin)} = N_{(sum)} \times \left( \frac{T_{s(wln)}}{T_{s(sum)}} \right)^{1/3} \quad \dots (式1)$$

【0014】ここで、 $N_{(sum)}$ 及び $T_{s(sum)}$ はそれぞれ回転数と吸込温度の基準値である。圧縮機のヘッドをH、重量流量をG、断熱効率を $\eta_{ad}$ とすると、軸動力L

$$L_s = \frac{G \cdot H}{\eta_{ad}} \quad \dots (式2)$$

【0016】と表される。ここで、圧力係数を $\tau$ 、重力加速度をg、羽根車の周速を $u_2$ 、吸込圧力を $P_s$ 、ガス定数をRとすると、気体の状態方程式を用いて上記軸

した信号により電磁弁7がオンオフ制御され、その結果このアクチュエータ14が駆動される。吸込絞り弁6の上流側には温度検出器12で検出した温度信号が回転数制御器10に入力される。回転数制御器10は温度検出器12が検出した吸込温度に基づいて、電動機の回転数を演算し、その演算結果からインバータ9へ駆動指令を出力する。

【0011】このように構成した本発明に係るターボ形圧縮機の動作を以下に述べる。容積形圧縮機と異なり、ターボ形圧縮機においては、機器のメンテナンスに要する費用及び期間が少なく済む反面、吸込温度に駆動力が依存するので吐出ラインの圧力を一定にする制御をしたときに、モータがオーバーロードする恐れがある。この様子を図2に示す。

【0012】圧縮機の吐出し圧力 $P_d$ は吸込流量 $Q_s$ が増大するに連れて減少し、一方軸動力Lは吸込流量 $Q_s$ が増大するに連れて増加する。ここで、冬場の状態を下添字wまたはwinで、夏場の状態を下添字sまたはsumで表すと、冬場においては吸込温度が夏場より低くなるので、圧力曲線と軸動力曲線のいずれにおいても、冬場の方が夏場に比べて上方に位置する。そこで、例えばターボ圧縮機の流量、圧力の設計点が夏場条件であった（吸込温度が高い）とすると、図2の吐出し圧力 $P_d(s)$ 、流量 $Q(s)$ 、軸動力 $L(s)$ の点が設計点に相当する。次に、吸込温度 $T_s$ が下がり冬場条件になったとすると、回転軸の回転数が一定であれば運転点は同図中の吐出圧力 $P_d(w)(=P_s(w))$ 、吸込流量 $Q(w)$ となり、この点の軸動力 $L(w)$ は夏場の軸動力 $L(s)$ に比べて増大し、このまま運転すればオーバーロードになる。底で、この不具合を解消するために、本発明では（式1）に基づいて圧縮機の回転数を制御する。

【0013】

【数1】

sは

【0015】

【数2】

動力は次式で表される。

【0017】

【数3】

$$\begin{aligned}
 L_s &= Q_s \frac{P_s}{R T_s} \cdot H / \eta_{ad} \\
 &= Q_s \frac{P_s}{R T_s} \cdot \frac{\tau_2}{g} u_2^2
 \end{aligned}
 \quad \dots (式3)$$

【0018】周速 $u_2$ は羽根車外径と羽根車の回転数とから求められ、回転数に比例する量である。吸込流量 $Q_s$ は羽根車の回転数と断面積とから求められ、これも回転数に比例する量である。また、ヘッド $H$ に対応する圧力係数 $\tau$ および断熱効率 $\eta_{ad}$ は、作動点近傍では変化が小さいので、略一定とみなせるから、軸動力 $L_s$ は結局

$$\begin{aligned}
 L_s &\propto N \cdot \frac{P_s}{R T_s} \cdot N^2 \\
 &\propto N^3 \cdot \frac{1}{T_s} \\
 L_s &= k N^3 / T_s
 \end{aligned}
 \quad \dots (式4)$$

$k$  : 定数

【0020】今基準状態を下添字DESで、運転状態を下添字REALで表せば、(式4)から次式の関係が成立する。

$$\begin{aligned}
 \frac{L_{s \text{ REAL}}}{L_{s \text{ DES}}} &= \frac{k N_{\text{REAL}}^3 / T_{s \text{ REAL}}}{k N_{\text{DES}}^3 / T_{s \text{ DES}}} = 1 \\
 \left( \frac{N_{\text{REAL}}}{N_{\text{DES}}} \right)^3 &= \left( \frac{T_{s \text{ REAL}}}{T_{s \text{ DES}}} \right) \\
 \frac{N_{\text{REAL}}}{N_{\text{DES}}} &= \left( \frac{T_{s \text{ REAL}}}{T_{s \text{ DES}}} \right)^{1/3}
 \end{aligned}
 \quad \dots (式5)$$

【0022】つまり、圧力係数 $\tau$ や断熱効率 $\eta_{ad}$ に大きな変化の無い範囲であれば、定風圧制御をしたときに圧縮機の回転数を吸込温度の $1/3$ 乗に比例させて変化させれば良いことが分かる。また、軸動力に余裕がある場合等、軸動力の変化を基準状態の10%程度許容する場合には、上式において $L_{s \text{ REAL}} / L_{s \text{ DES}}$ を0.9~1.1にすれば、より実用的な回転数 $N$ の範囲が定まる。この場合、回転数は吸込温度 $T_s$ の約 $1/2.51 \sim 1/3.72$ 乗に比例させれば良い。

【0023】以上を換言すれば、低圧段吸込温度 $T_{s(win)}$ を回転数制御器に取り込み、(式5)の演算結果をインバータへの回転数指示値として送る。次にインバータでは、この指示値を満足する周波数特性(回転数)を持ったパワー電圧、電流を流し、モータを回転数指示値で運転する。(式5)で得られた回転数で圧縮機を運転すれば、圧縮機の作動点はほぼ夏場条件と同じになり、オーバーロードが避けられる。また、回転数の下

回転数及び吸込温度と次の関係を有する。ここで、吸込圧力は大気圧であるからその変化は微小であり、一定と見做している。

【0019】  
【数4】

【0021】  
【数5】

限が自動的に夏条件 $T_{s(sun)}$ で定まってしまうので、概略夏場条件と同じ作動点以上には、作動点がサージング点の方に寄らないことになる。これが、サージングに対する歯止めになる。

【0024】なお、ターボ圧縮機の吐出しラインにチェック弁15を、その上流側から分岐させたラインに放風弁5を、圧縮機吸込ラインに吸込絞り弁6をそれぞれ設けている。そして、この放風弁5と吸込絞り弁6は連動して動作する。これにより、任意の吸込温度および回転数でターボ圧縮機1を運転した時に吐出ライン圧力が規定値を超えても、吐出ライン圧力を検出する圧力センサーの圧力信号に基づいて、放風弁5がサージングを回避するために開くとともに、この運動に連動して吸込絞り弁6が閉まり、圧縮機の駆動力が低減される。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、吸込温度が変化しても、ターボ圧縮機軸動力をほぼ一定にできるので、常時

モータの最適運転が可能であり、更にサージングを回避した容量制御ができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るターボ圧縮機の構成を示す模式図である。

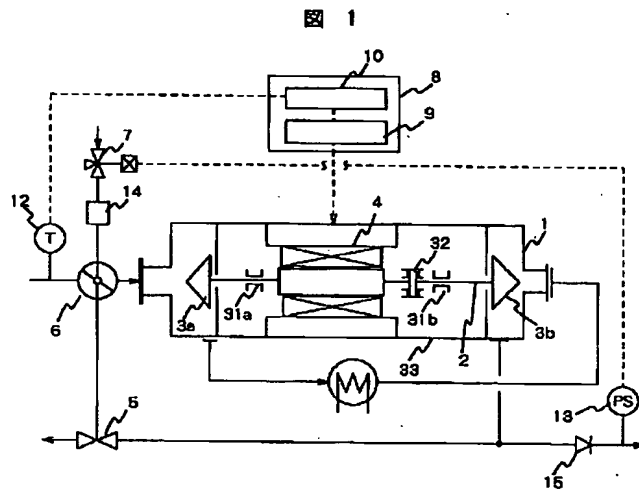
【図2】 本発明に係るターボ圧縮機の動作を説明する図である。

【図3】 本発明に係るターボ圧縮機の動作を説明する図である。

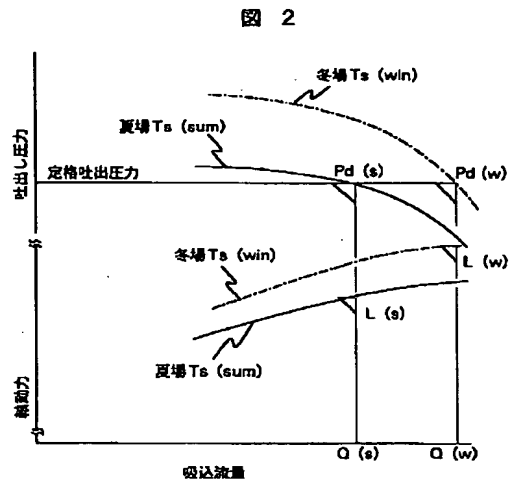
【符号の説明】

1…ターボ圧縮機、2…ターボ圧縮機ロータ、3…羽根車、4…モータ、5…放風弁、6…吸込絞り弁、7…電磁弁、8…コントロールボックス、9…インバータ、10…回転数制御器、12…1段吸込温度検出、13…吐出ライン圧力、14…アクチュエータ、21…容積形圧縮機部、22…モータ、23…放風弁、24…吸込絞り弁、25…吐出ライン圧力スイッチ、26…電磁弁、27…チェック弁。

【図1】



【図2】



【図3】

